

51

Int. Cl. 2:

H 03 K 3/28

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

1970: 69-10-11

DT 24 59 531 A1

11

Offenlegungsschrift 24 59 531

21

Aktenzeichen:

P 24 59 531.1

22

Anmeldetag:

17. 12. 74

43

Offenlegungstag:

1. 7. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

RC-Rechteck-Generator nach dem Ladestromverfahren

71

Anmelder:

Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart

72

Erfinder:

Gumtau, Hanns Dieter, 7051 Neustadt

DT 24 59 531 A1

Daimler-Benz Aktiengesellschaft
S t u t t g a r t

Daim 10426/4
Ut., 13.12.74

RC-Rechteck-Generator nach dem Ladestromverfahren

Die Erfindung betrifft einen RC-Rechteck-Generator nach dem Ladestromverfahren, mit einem an sich bekannten Operationsverstärker mit einem invertierenden und einem nichtinvertierenden Eingang und einem Ausgang.

Es sind viele Schaltungen für Rechteck-Generatoren bekannt. Bei allen diesen Schaltungen ist die Arbeitsfrequenz von mehreren Bedingungen abhängig und nur mit relativ großem Aufwand konstant zu halten.

Bei der klassischen Schaltung der astabilen Kippstufe ist die Arbeitsfrequenz nicht exakt berechenbar und sehr stark temperaturabhängig, ferner wirken sich die Betriebsspannung und die Belastung am Kollektorwiderstand des Ausgangstransistors sowie die Anzahl von sechs frequenzbestimmenden Gliedern (vier Widerstände und zwei Kondensatoren) nachteilig auf die Frequenzkonstanz aus.

Auch bei Verwendung eines Operationsverstärkers als "Schmitt-Trigger", mit einem RC-Glied beschaltet, ist die Arbeitsfrequenz zumindest von der Betriebsspannung, der Triggerschwelle und vom Eingangsstrom der Schaltung abhängig. Sie ist auch temperaturabhängig, weil die Daten des Schmitt-Triggers in die

Frequenzberechnung direkt eingehen. Das Tastverhältnis ist unbekannt und nicht beeinflussbar.

Bei einer mitgekoppelten monostabilen Kippstufe geht ebenfalls die Bauart der Kippstufe in die Frequenzberechnung ein. Auch hier ist das Tastverhältnis nicht bestimmbar, da die Impulsbreite, fast unabhängig von der Periodendauer, sehr klein ist. Bei kleinen Pulsfolgefrequenzen ist das Tastverhältnis sehr ungünstig. Bei den vielen weiteren Schaltungen liegen die Verhältnisse ähnlich. Abhilfe kann man in allen Fällen nur mit relativ großem Aufwand schaffen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Rechteck-Generator mit möglichst konstanter Arbeitsfrequenz zu schaffen, die von inneren und äußeren Bedingungen unbeeinflusst bleibt und in einem möglichst großen Frequenzbereich einsetzbar ist, dabei im Aufbau einfach und preiswert herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß zwischen Ausgang und invertierendem Eingang des Operationsverstärkers ein erster Widerstand und zwischen invertierendem Eingang und Bezugspotential ein zweiter Widerstand geschaltet ist und daß vom Ausgang ein Kondensator zum nichtinvertierenden Eingang und von diesem ein dritter Widerstand zum Bezugspotential führt.

Diese Schaltung zeichnet sich dadurch aus, daß die Arbeitsfrequenz lediglich von zwei Komponenten - einem Kondensator und einem Widerstand - bestimmt wird. Wählt man diese beiden Bauelemente in an sich bekannter Weise so aus, daß sich ihre Temperaturkoeffizienten gegenseitig aufheben, so ist die Arbeitsfrequenz weder von der Temperatur noch von der Betriebsspannung oder anderen Bedingungen abhängig. Die Schaltung ist außerdem in einem Frequenzbereich, der nach unten nicht und

und nach oben nur von den Grenzdaten des eingesetzten Operationsverstärkers abhängt, einsetzbar, wobei das Tastverhältnis bei idealen Operationsverstärkern bzw. solchen mit Offsetstromkompensation exakt 1 : 1 ist und bei einem Operationsverstärker ohne Offsetstromkompensation, nur vom Offsetstrom verfälscht, so geringfügig davon abweicht, daß es vernachlässigbar ist. Der nachfolgenden Beschreibung und Zeichnung sind die wesentlichen Merkmale der Erfindung zu entnehmen.

In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 : eine erfindungsgemäße Schaltung und
 Fig. 2 : die Spannungs-Zeit-Diagramme an den
 Eingängen und am Ausgang des Operations-
 verstärkers.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltung verwendet einen Operationsverstärker mit symmetrischen Betriebsspannungen $\pm U_B$, jedoch ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Zwischen Ausgang A und invertierendem Eingang -E eines Operationsverstärkers OP ist ein erster Widerstand R_1 und zwischen dem invertierenden Eingang und dem Bezugspotential 0 Volt ein zweiter Widerstand R_2 geschaltet. Zwischen Ausgang A und Bezugspotential OV liegt also der aus R_1 und R_2 gebildete Spannungsteiler, dessen Abgriff mit dem invertierenden Eingang verbunden ist, an der Spannung U_2 . Zwischen invertierendem Eingang -E und Bezugspotential herrscht die Spannung U_2 . Vom Ausgang A führt ein Kondensator C zum nichtinvertierenden Eingang +E und von diesem ein dritter Widerstand R_3 zum Bezugspotential OV. Zwischen +E und Bezugspotential OV herrscht die Spannung U_3 . Vom Ausgang A fließt ein Strom I_1 in Richtung Kondensator C und ein Strom I_2 in Richtung Widerstand R_1 , zusammen also $I_1 + I_2 = I_3$.

Zur Funktionsweise des Generators:

Es sei angenommen, daß der Kondensator C vollständig entladen ist und U_3 die Größe von + A hat (willkürliche Anfangsbedingung!).

Der Kondensator C wird auf U_3 aufgeladen. Der hierbei fließende Ladestrom I_1 wird durch R_3 begrenzt. Die an R_3 abfallende Spannung U_1 ist dem Ladestrom I_1 proportional, wenn der Eingangsstrom I_E des Rechenverstärkers klein gegenüber dem Ladestrom I_1 ist.

Am nicht invertierenden Eingang + E steht also die Funktion $U_1 = f(t)$, wobei die Zeit t nur von der Größe von R_3 , C und U_3 abhängt.

Am invertierenden Eingang - E des Rechenverstärkers steht die Spannung U_2 .

Da $U_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U_3$ ist, bleibt U_3 solange auf + A, bis U_1

kleiner als U_2 wird. U_1 wird kleiner als U_2 , wenn das Produkt $R_3 \cdot I_1$ kleiner als U_2 wird. Dies ist der Fall, wenn der Ladestrom I_1 entsprechend abgesunken ist.

Unterschreitet U_1 diese Schwelle, so überwiegt U_2 und U_3 springt auf - A. Dadurch wird der Kondensator C umgeladen, d. h. der Ladestrom I_1 wird so groß wie zu Beginn des Zyklus, nur hat sich das Vorzeichen umgekehrt. Gleichzeitig kehrt sich das Vorzeichen, nicht der Betrag, von U_2 um. U_3 bleibt zeitlich solange auf + A, als U_1 überwiegt. Sinkt nun das Produkt $R_3 \cdot I_1$ wieder unter die Schwelle von U_2 , so beginnt der Vorgang von neuem.

5

Es gilt demzufolge, wenn $I_E \ll I_1$ ist:

$$|U_2| = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot |U_3|$$

$$|U_1| = R_3 \cdot |I_1|$$

oder $\frac{t}{R_3 \cdot C}$, da $|U_1|$ nach einer e-Funktion kleiner wird (allg. Ladestromgleichung!).

Da ein Schaltzyklus abgelaufen ist, wenn $|U_1| = |U_2|$ ist, kann man schreiben:

$$|U_1| = |U_2| = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot |U_3| = 2 \cdot |U_3| \cdot e^{-\frac{t}{R_3 \cdot C}}$$

Es gilt demnach:

$$2 |U_3| \cdot e^{-\frac{t}{R_3 \cdot C}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot |U_3|$$

geteilt durch $|U_3|$ wird

$$e^{-\frac{t}{R_3 \cdot C}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\text{Da } 2t = \frac{1}{f}$$

(t ist ein Entladezyklus!),

$$\text{wird: } \frac{1}{e + \frac{1}{2f \cdot R_3 \cdot C}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{2} \quad \text{und damit wird}$$

$$e^{\frac{1}{2f \cdot R_3 \cdot C}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot 2 \quad \text{bzw.}$$

$$\frac{1}{2f \cdot R_3 \cdot C} = \ln 2 \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad \text{oder}$$

$$2f \cdot R_3 \cdot C = \frac{1}{\ln 2 \frac{R_1 + R_2}{R_2}}$$

Aufgelöst nach f ergibt sich:

$$f = \frac{1}{2 R_3 \cdot C \cdot \ln 2 \frac{R_1 + R_2}{R_2}}$$

Da $\frac{R_1 + R_2}{R_2} = V$ bezogen auf + E ist, kann man schreiben:

$$f = \frac{1}{2 R_3 \cdot C \cdot \ln 2V}$$

$\ln 2V$ ist eine Konstante, die ausschließlich von R_1 und R_2 bestimmt wird, wobei die Absolutwerte in die Rechnung nur insoweit eingehen, daß I_2 noch aufgebracht werden kann.

Frequenzbestimmend sind:

$$R_3, C \text{ und } \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Da $\frac{R_1+R_2}{R_2}$ einen Spannungsteiler darstellt, geht der Absolutwert von R_1 und R_2 nicht in die Größe der Frequenz ein. Die T_K -Werte von R_3 und C sind auch dann nicht entscheidend, wenn das Produkt $R_3 \cdot C$ konstant über die Temperatur ist (C passend zu R_3).

Nicht frequenzbestimmend sind:

Die Betriebsspannung, demzufolge U_3 und die sonstigen Rechenverstärkerdaten, sofern die Grenzbedingungen für $I_E (\ll I_1)$, die sog. offene Schleifenverstärkung $V_0 (> V)$ und der Ausgangsspannungsanstieg ($\dot{U}_3 = f(t)$) eingehalten werden. Mit der Betriebsspannung $\pm U_B$ ändert sich lediglich die Amplitude von U_3 .

Wahl der Größe von $\frac{R_1+R_2}{R_2} = V$:

V muß so groß gewählt werden, daß die "Kippzeit" von U_3 klein gegenüber der Ladezeit von C ist. Die obere Grenze von V wird durch die sog. offene Schleifenverstärkung V_0 und die sog. Eingangs-Nullspannungs-Verschiebung U_{EOS} bestimmt.

Damit ist der durch Versuche bestätigte Beweis erbracht, daß die Frequenz lediglich durch R_3 und C bestimmt wird, über den ganzen Bereich äußerst konstant ist und von der Temperatur und anderen Bedingungen nicht beeinflußbar ist.

Daimler-Benz Aktiengesellschaft
S t u t t g a r t

Daim 10426/4
Ut., 9.12.74

Patentanspruch

RC-Rechteck-Generator nach dem Ladestromverfahren, mit einem an sich bekannten Operationsverstärker mit einem invertierenden und einem nichtinvertierenden Eingang und einem Ausgang, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Ausgang (A) und invertierendem Eingang (-E) des Operationsverstärkers OP ein erster Widerstand (R_1) und zwischen invertierendem Eingang (-E) und Bezugspotential (OV) ein zweiter Widerstand (R_2) geschaltet ist und daß vom Ausgang ein Kondensator (C) zum nichtinvertierenden Eingang (+E) und von diesem ein dritter Widerstand (R_3) zum Bezugspotential (OV) führt.

Fig.1

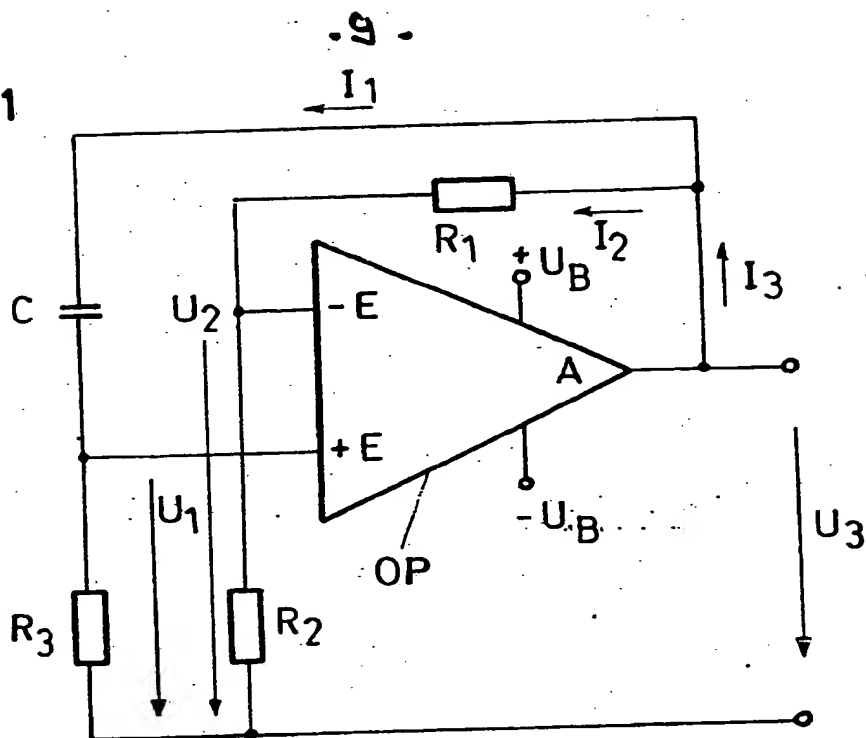
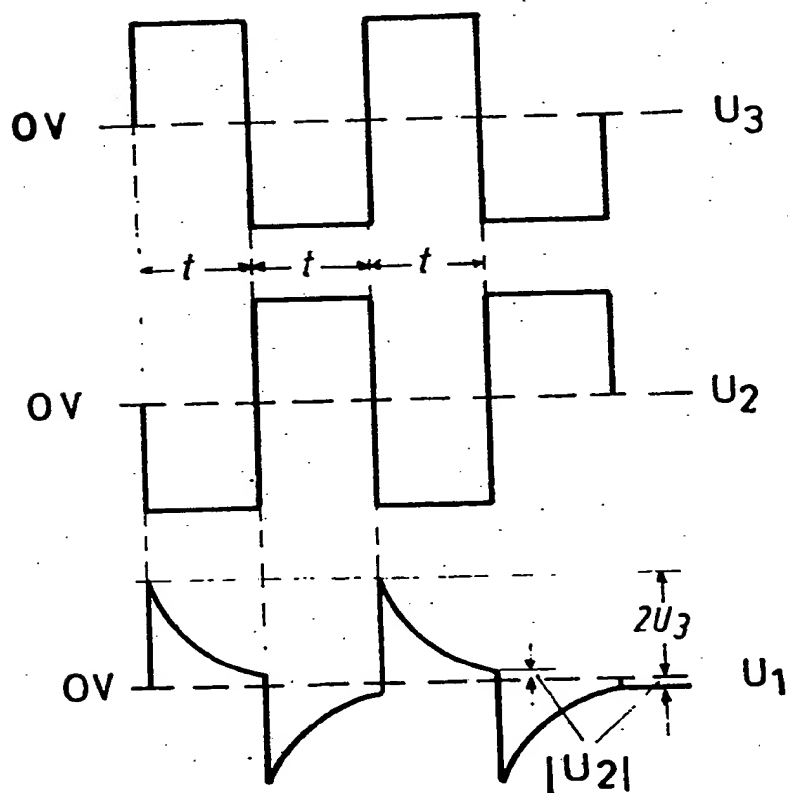


Fig.2



ORIGINAL INSPECTED

609827/0333